



ISSN: 1646-8929

*IET Working Papers Series*  
No. **WPS11/2009**

Hugo M. M. Aguiar  
(e-mail: [hugoaguiar.pt@gmail.com](mailto:hugoaguiar.pt@gmail.com))

Pedro M. B. Afonso  
(e-mail: [pedrombafonso@gmail.com](mailto:pedrombafonso@gmail.com))

A contribuição da Informática para o Desenvolvimento Sustentável:  
o exemplo do conceito de Grid Computing

**IET**  
**Research Centre on Enterprise and Work Innovation**  
**Centro de Investigação em Inovação Empresarial e do Trabalho**  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa  
Monte de Caparica  
Portugal

# A contribuição da Informática para o Desenvolvimento Sustentável: o exemplo do conceito de Grid Computing

Hugo M. M. Aguiar, Pedro M. B. Afonso  
Departamento de Informática, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
{hugoaguiar.pt, pedrombafonso}@gmail.com

## Abstract

*Some years ago, Information Technologies (IT) were in the leading edge, it was possible to have a power never seen before in calculation, simulation and data storage. This fact turned the computational power of the new technologies essential, currently representing a significant weight in the budget of companies, the state and even the common households.*

*Today, the world is positively condemned to focus itself on sustainability - conserving an ecological balance by avoiding depletion of natural resources. We can find the great world-wide leaders face to face with a great challenge - to contribute for the development of a sustainable world. It is important that these leaders are able to focus themselves on the economic development without forgetting important environmental and social matters that every time become more and more pertinent.*

*Innovation in informatics and grid computing appears not only as a promising solution concerning this sustainable economic development but also as the best answer to the stagnation or contraction of the world-wide economy. Our paper presents some trends and examples of development of new systems that use in a sustainable way the computer energy available and contribute to more productive and powerful computer systems.*

**Key Words:** Sustainable Development; Informatics; Computer Energy; Grid Computing

**JEL Classification:** L59, O31

## Resumo

*Há alguns anos atrás, as tecnologias de informação (TI) estavam na vanguarda, pois possibilitavam um poder nunca antes visto ao nível de cálculo, simulação e armazenamento de dados. Este facto, tornou o poder computacional das novas tecnologias imprescindível, representando actualmente uma das fracções mais significativas das despesas das empresas, estado ou até de uma família comum.*

*O mundo está hoje positivamente condenado a focar-se na sustentabilidade, encontramos os grandes líderes mundiais frente a frente com um grande desafio - o de contribuir para o desenvolvimento de um mundo sustentável. É importante que estes líderes consigam focar-se no desenvolvimento económico sem esquecerem as questões sociais e ambientais que cada vez se tornam mais pertinentes.*

*A inovação na informática e na computação Grid aparece como uma solução promissora em relação a esse desenvolvimento económico sustentável mas também como a melhor resposta à estagnação ou recessão da economia mundial. O nosso estudo <sup>1</sup> apresenta algumas tendências e exemplos de desenvolvimento de novos sistemas que utilizam a energia computacional disponível de modo mais sustentável e contribuem para sistemas computacionais mais produtivos e poderosos.*

**Key Words:** Desenvolvimento Sustentável na Informática; Energia Computacional; Grid Computing.

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi realizado sob orientação do Prof. António Brandão Moniz para a disciplina "Factores Sociais da Inovação" do Mestrado Engenharia Informática realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Portugal).

## 1. Introdução

Actualmente o “Desenvolvimento Sustentável” é uma das expressões mais frequentes nos discursos dos nossos políticos, nas aulas das nossas universidades, nas manchetes dos jornais, nas revistas científicas e na comunicação publicitária.

A sociedade cresce e desenvolve-se a um ritmo extremamente rápido, sendo cada vez mais importante a direcção e o sentido desse crescimento. Deste modo, podemos definir o desenvolvimento sustentável como sendo "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades". É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. Esta definição consta no Relatório Brundtland, um documento intitulado “O Nosso Futuro Comum”, publicado em 1987 - elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Neste artigo é feita uma contextualização breve sobre o consumo de energia global - é urgente reduzir o consumo e a emissão de CO<sub>2</sub>. A informática aparece como uma das soluções possíveis. Inicialmente é apresentado um *overview* sobre o que está a ser feito na área - a ajuda da informática no desenvolvimento sustentável, seguindo-se uma análise sobre uma das respostas mais actuais e discutidas actualmente à necessidade de mudança - a *Grid Computing*.

## 2. O Desenvolvimento Sustentável na Informática

É sabido que enfrentamos hoje uma crise financeira grave e questões ambientais e sociais. Grande parte das soluções para estes problemas dependem da ciência, das tecnologias de inovação e de alterações políticas.

Citando Daniel Quinn, "aquilo que realmente precisamos é de um mundo cheio de pessoas com mentes diferentes. Cientistas com mentes diferentes, industrialistas com mentes diferentes, professores com mentes diferentes, políticos com mentes diferentes."

O mundo tem agora um objectivo concreto - reduzir o consumo de energia para os níveis de 1990, estabilizando

assim as emissões de CO<sub>2</sub> a níveis bastante inferiores aos actuais [1].

A informática pode contribuir com uma ajuda importante para concretizar este objectivo global de quatro formas distintas. Duas destas formas envolvem reduzir o impacto negativo directo dos computadores - o consumo de energia e os custos sociais e económicos associados à fabricação, à manutenção e à eliminação dos componentes. As outras duas formas relacionam-se com o impacto positivo dos computadores - a capacidade dos computadores reutilizarem energia, de aumentarem a eficiência e de oferecerem respostas a importantes questões de investigação.

### 2.1 Consumo de Energia Computacional

De acordo com um relatório de Junho de 2008 feito pelo "Climate Group", o consumo da energia total por computadores - incluindo o consumo de energia dos centros de dados, PCs e periféricos, redes e dispositivos - rondará os 830 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, ou mais concretamente 2% da produção total de carbono em 2007 [2].

A figura 1 mostra que a soma destes valores é muito idêntica à soma dos valores produzidos em toda a Polónia, Nigéria e Irão. Se considerarmos os valores dos centros de dados percebemos que representam 0.5% da energia mundial. E segundo estudos recentes, caso nada seja feito para inverter esta situação, estes valores irão quadruplicar até 2020.

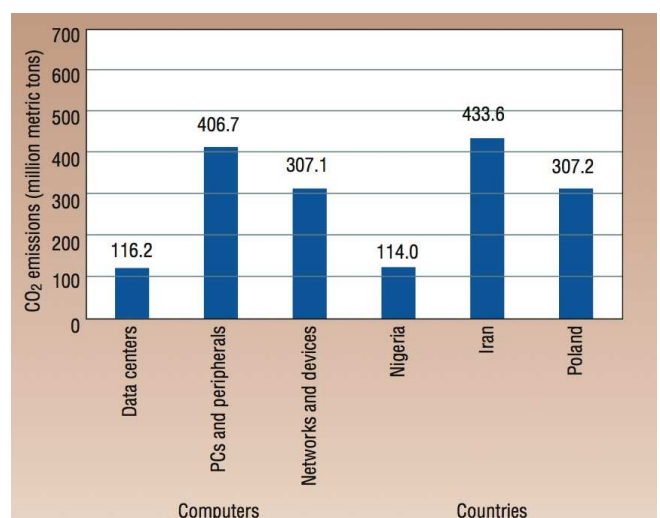


figura 1

## 2.2 Hardware

Os avanços que têm sido feitos ao nível do hardware criaram novas oportunidades para melhorias significantes na eficiência de processamento e compilação. Os avanços feitos no hardware permitem por exemplo, que seja possível armazenar e guardar quantidades de energia muito superiores às actuais [3].

## 2.3 Redes

As redes inteligentes são capazes de reduzir os custos de comunicação. Por exemplo, um router inteligente consegue assegurar o uso dos melhores caminhos em termos de custo, reduzindo assim o consumo de energia durante a transmissão de dados [4]. Neste momento várias investigações estão a ser feitas para reduzir o consumo de energia associado à comunicação via rede.

## 2.4 Centros de Dados

Os centros de dados, como foi referido anteriormente, representam neste momento uma percentagem significativa na responsabilidade pela emissão de CO<sub>2</sub>. Neste momento alguns centros de dados já estão a ser modificados para que a energia seja reutilizada. De facto investigadores dos laboratórios da HP já mostraram que é necessário considerar as características térmicas dos centros de dados.

É sabido que os centros de dados aquecem e têm sistemas de arrefecimento complexos. Algumas estimativas sugerem que 2/3 da energia consumida por um *data center* seja para fins de arrefecimento. A IBM em Madrid, utiliza o calor gerado pelos servidores do centro de dados para aquecer o edifício.

A virtualização (várias máquinas numa máquina apenas) e outras técnicas podem ser exploradas e evoluídas para baixar o consumo de energia.

## 2.5 O desperdício electrónico

O nível alto de energia consumida está também relacionado com os altos custos associados à produção de material electrónico, upgrade e destruição. Um relatório recente da Rede de Acção de Basileia [5] prevê que em 2010 os Estados Unidos fiquem com 3 biliões de unidades

electrónicas - computadores, monitores, televisões, etc., sem qualquer tipo de utilidade. Isto pode levar a que milhões de pessoas fiquem expostas a toxinas como o mercúrio ou outras presentes neste tipo de dispositivos.

Os cientistas informáticos podem influenciar muito o ciclo de vida destes dispositivos electrónicos [6]. Uma maneira simples de reduzir o lixo electrónico é simplesmente controlar a necessidade de ter computadores novos. A *Grid computing* poderá resolver em grande parte esta problemática.

A virtualização que permite que vários utilizadores possam usufruir da mesma máquina, também ajuda a controlar esta necessidade de ter novos computadores. Criar hardware mais modular, permitirá que se possam substituir pequenas componentes reduzindo assim a quantidade de lixo electrónico.

## 2.2 Consumo global de energia

O relatório recente do Grupo do Clima refere que a computação tecnológica poderá contribuir significativamente para a redução do consumo de energia ao nível mundial.

É possível economizar grandes quantidades de energia através de inovações recentes e de inovações futuras em sistemas de automóveis, logística do transporte e do armazenamento, computação em grelha e automatização.

A natureza interactiva dos computadores fornece uma oportunidade adicional para a redução da energia - educando povos, criando maneiras novas de ser e criando mudança.



É claro que não podemos esperar apenas que a inovação tecnológica resolva o problema, é importante que haja uma consciência global sobre a realidade - por exemplo, reduzir o consumo de energia em casa é uma maneira de contribuir positivamente para uma mudança. Mesmo pequenas mudanças podem em conjunto ter um grande impacto.

As alterações climáticas tornaram-se num problema a resolver urgentemente. Governos, universidades e indústrias estão a investir em investigação mas ainda é preciso muito trabalho. É tempo dos engenheiros informáticos e cientistas da área usarem as suas habilidades e recursos e ajudarem a criar um futuro eficiente de energia.

### 3. Grid Computing – Conceito de Grid

A expressão *Grid computing* pode ter significados diferentes para entidades diferentes. Segundo Bob Hintze, em [10] a “Grid Computing virtualiza recursos de processamento e informação distribuídos tal como processamento, largura de banda e capacidade de armazenamento para criar uma imagem única de sistema, garantindo aos utilizadores e aplicações acesso a vastas capacidades das Tecnologias de Informação”.

Na perspectiva apresentada neste trabalho da *Grid computing*, a computação torna-se onnipresente e os utilizadores ganham acesso a recursos computacionais, nomeadamente processamento, armazenamento de dados, aplicações, entre outros, à medida das suas necessidades com pouco ou nenhum conhecimento da localização dos recursos e mesmo quais as tecnologias subjacentes, como o hardware, sistema operativo, que estão a ser utilizadas.

O *Grid Computing* surgiu da necessidade que maximizar a utilização de centros de alto processamento (*High-performance computing*) existentes pelo mundo, por exemplo no Centro Europeu de Investigação Nuclear (CERN), compostos por grupos de numerosos e potentes computadores (clusters). Estes centros foram criados para efectuar tarefas para as quais por vezes, os recursos disponíveis revelavam-se insuficientes. Por outro lado, quando estas tarefas terminavam estes centros de computação eram pouco utilizados.

A ideia inicial da computação Grid era permitir a interacção entre centros de computação independentes, podendo estar geograficamente distantes, de modo a poderem executar tarefas pesadas de computação de forma distribuída e assim garantir a maximização da utilização dos recursos.

Embora esta visão de computação Grid possa suscitar várias ideias na nossa imaginação e no futuro tornar-se uma realidade ao nível da sua utilização prática no dia-a-dia, existem muitas questões técnicas, empresariais, políticas e sociais que precisam de ser abordadas. Se considerarmos esta visão como um objectivo último,

existem muitos pequenos passos que precisam ser tomadas para alcançá-lo.

Portanto, a *Grid computing* pode ser vista como uma viagem ao longo de um caminho de integração de diversas tecnologias e soluções que nos move para mais perto de uma meta final. Os principais valores estão nas tecnologias subjacentes em infra-estruturas de computação distribuída subjacentes que estão a evoluir para um modelo de partilha de recursos, a virtualização.

#### 3.1 Características da Grid computing

Após definir e explicar no que consiste o conceito de *Grid computing*, achamos necessário aprofundar o conhecimento sobre as características que a definem. Em seguida, vamos explicar as características da *Grid computing*, segundo [8], um artigo que define a Grid com base em opiniões de um grande número de cientistas, investigadores e algumas empresas que operam no sector.

As características dominantes em que mais concordância houve são:

Colaboração - Um aspecto de comum acordo ao falar de Grid é a partilha de recursos através de um modelo distribuído. Além disso, é importante que a colaboração preveja sinergias positivas entre os usuários e prestadores de serviços. A partilha de recursos deve ser justa e em cooperação.

Segundo [10] o Data Center do futuro é a convergência e sinergia de 3 paradigmas em desenvolvimento:

- *Utility Computing*: serviço à medida, sendo o pagamento feito pelas unidades consumidas, *in-sourcing*, *on-demand*, *outsourcing*;
- *Autonomic Computing*: sistemas de auto-gestão, auto-suficientes com mecanismos de adaptação e recuperação de desastres autónomos;
- Tecnologia GRID: Sistemas de recursos virtualizados, processamento distribuído, paralelo e colaborativo.

**Agregação** - A Grid é mais do que a soma de todas as partes: A Grid agrega muitos recursos e prevê, portanto, uma agregação da capacidade de recursos individuais num recurso virtual de maior capacidade. Como consequência, a partir de uma perspectiva global a Grid permite correr aplicações mais complexas mais rápido (agregação de capacidade), enquanto a partir de uma perspectiva local a Grid permite executar novas aplicações. A agregação é também utilizada para melhoria de eficiência, desempenho, maior qualidade de serviço, uma melhor utilização, e um acesso mais fácil aos dados.

**Virtualização** - Os serviços em Grid são muitas vezes fornecidos com um determinado interface que oculta a complexidade dos recursos subjacentes, ou seja, a própria Grid é uma camada de abstracção, sendo este fenómeno conhecido por Virtualização. A Grid permite visualizar a agregação de todos os pequenos recursos num único recurso virtual.

**Service Orientation** - As Grids disponibilizam serviços, uma vez que aliam à execução de aplicações e armazenamento de dados a uma grande flexibilidade e ajuste de necessidades.

**Heterogeneidade** - Uma Grid é usualmente composta por um conjunto de recursos computacionais heterogéneo, ou seja, composto por diferentes arquitecturas hardware, sistemas de operação com diferentes características de performance e latência.

**Controlo Descentralizado** - Os componentes de uma Grid estão sob controlo de múltiplas entidades, esta é uma das características que confere uma das maiores dificuldades das Grids, o facto de não estar subordinado a um só “dono” o que impõe o uso de mecanismos de controlo distribuídos.

**Estandarização e Interoperabilidade** - As Grids devem adoptar modelos standards de comunicação com vista a poderem interoperar e a disponibilizar acessos standard aos seus recursos.

**Transparência do Acesso** - A Grid deve permitir aos seus utilizadores o acesso às suas infra-estruturas sem a necessidade de estes estarem intimamente conscientes da arquitectura subjacente ou topologia de rede. Isto por vezes é considerado o aspecto mais distintivo do *Grid computing*, que é, os vários níveis de transparência disponibilizados ao utilizador final, através da virtualização do recursos.

**Escalabilidade** - Mesmo que as implementações e infra-estruturas Grid às vezes não resolvam um novo

problema, é muitas vezes a dimensão dos dados, recursos e utilizadores que contribui para a uma complexidade adicional da Grid.

**Reconfigurabilidade** - Uma Grid deve ser reconfigurável dinamicamente.

**Segurança** - A segurança é uma das maiores preocupações de uma Grid. O acesso seguro a recursos por ela disponibilizados tem de ser assegurado a utilizadores autenticados e os modelos de comunicação têm de estar devidamente seguros.

**Suporte Aplicacional** - Normalmente, uma Grid deve ser capaz de suportar um grande número e tipo de aplicações.

**Modelo Computacional** - Em geral, uma Grid deve suportar vários modelos computacionais (por exemplo, *batch*, interactivos, distribuídos e computação paralela).

**Modelo de Licenciamento** - Uma vez que as Grids são originárias da comunidade académica, há uma ênfase global de *software open source*, que também é seguido por várias empresas que estão envolvidos no desenvolvimento da Grid.

**Procedimentos e Políticas** - Os utilizadores e os prestadores de serviços interagem uns com os outros de uma forma semelhante a um mercado aberto, onde certas regras devem ser seguidas. Portanto, os procedimentos e políticas têm de estar assentes para permitir partilha de recursos coordenadas.

### 3.2 Comparação entre a GRID e outros domínios da computação

Apesar de nos anos 90 a Computação em Grid ter emergido como um novo domínio na computação, aproveitou bastantes modelos e protocolos normalizados que já existiam, tal como a Internet, computação distribuída ou da comunidade de bases de dados.

Ainda que a Computação em Grid não possa ser discutida isoladamente uma grande parte dos cientistas envolvidos na investigação do domínio Grid fazem referência a algumas distinções entre computação em Grid, computação distribuída e computação em Internet. Este é um sector bastante controverso da investigação na Grid. De seguida apresentaremos algumas comparações entre domínios de computação, segundo [8].

### 3.2.1 Grid vs. Computação Distribuída

Algumas pessoas classificam a Grid como uma forma especial de computação distribuída enquanto que outros afirmam que a Grid possui uma característica distinta ao nível da complexidade, caracterizada pela sua escalabilidade e transparência:

- Escalabilidade Alguns investigadores afirmam que a fronteira entre Grid e Computação Distribuída está no contexto das comunicações. Quando estas passam de um contexto “2-way” para “N-way” e todos os modelos de programação, arquiteturas e segurança são necessariamente revistos.

Outra das diferenças constatadas é a potencialidade que a Grid tem de operar num modo inter-organizacional, cooperativo e colaborativo.

- Transparência – Uma das características da Grid é a sua transparência sob plataformas e recursos heterogêneos.

Embora muitos investigadores continuem a afirmar o contrário, que Grid e Computação Distribuída fazem parte um do outro, complementando-se um ao outro, o importante é apercebermo-nos de algumas diferenças.

### 3.2.2 Grid vs Internet

A comunidade científica e investigadora da Grid adoptou e melhorou muitas tecnologias *Internet* e *Web-services*. Por exemplo, um serviço Grid é, ao fim ao cabo, um serviço Web com recursos e funcionalidades adicionais. No entanto, não existe qualquer acordo onde se situa a fronteira entre um domínio e o outro, se é que esta existe.

Alguns investigadores argumentam que enquanto a Internet nos possibilita a troca de mensagens entre dois pontos, a Grid eleva a comunicação a outro nível de abstracção. Para além disso há quem afirme que assim como existe uma World Wide Web hoje em dia, no futuro existirá uma World Wide Grid. Esta poderá ser a nossa plataforma global de colaboração conectando computadores e armazenamento, aplicações e informação,

processamento, instrumentos, sensores e outros dispositivos digitais e suas funcionalidades.

Uma ideia mais comum é que a Grid pode ser vista como uma extensão da Internet, pois a comunicação e interoperação entre novos dispositivos agregados na rede pode ser feito com base na internet e seus protocolos criando uma camada de abstracção.

### 3.2.3 Grid, Clusters e Sistemas P2P

A tecnologia P2P é cada vez mais utilizada nos modelos de comunicações no domínio Grid. Esta é caracterizada por ser escalável e teoricamente auto-suficiente. Segundo Heinz Stockinger [8] temos a seguinte tipologia de redes:

Características	Cluster	Grid	P2P
População	<i>Commodity Computers</i>	<i>High-end Computers</i>	Desktop PC
Proprietário	Singular	Múltiplo	Múltiplo
Procura	Serviços Membros	Índice Centralizado e Informação Descentralizada	Descentralizada
Gestão do Utilizador	Centralizada	Descentralizada	Descentralizada
Gestão de Recursos	Centralizada	Distribuída	Distribuída
Alocação/ Agendamento	Centralizada	Descentralizada	Descentralizada
Inter-operabilidade	Baseado em VIA	Em progresso (ex: WSRF)	sem Standards
Escalabilidade	Centenas	Milhares	Milhões
Capacidade	Garantida	Varia, mas alta	Varia
<i>Throughput</i>	Médio	Alto	Muito Alto
Velocidade: Latência/ Largura de Banda	Lenta/ Alta	Alta/ Lenta	Alta/ Lenta

### 3.3 Benefícios

Ao se implementar um modelo de *Grid Computing*, será para cumprir um conjunto de requisitos que, hoje em dia podem ser: comerciais, ambientais, económicos, profissionais. Conforme referido em [7]:

- Exploração de recursos subutilizados é uma das principais motivações da *Grid computing* como uma melhoria da performance e redução de custos, desde a compra de novas máquinas ao consumo de energia. Deste modo, uma aplicação que usualmente corre numa máquina que está ocupada, implicando uma diminuição da performance e tempo de execução, numa Grid, esta mesma aplicação pode correr numa outra máquina que esteja a ser subutilizada, ou até em *standby*, sem que o utilizador se aperceba da transposição da aplicação para essa máquina.
- Outra das motivações expressas em [7] é a capacidade de processamento paralelo. O forte potencial da Computação em Grid para disponibilizar uma capacidade massiva de processamento paralelo é uma das ideias e características mais comuns ao mencionar esta nova tecnologia. Esta característica foi um dos pilares da criação da tecnologia, pois possibilita novas capacidades de processamento que ao nível científico são preciosos. Mas, para além do fim puramente científico, tem vindo a possibilitar alguma evolução em indústrias tal como no campo da biomédica, modelação financeira, exploração de petróleo e animação 3d.
- Em [7], é também mencionada a possibilidade de Virtualizar recursos e organizações para colaboração, deste modo, possibilita-se que sistemas muito heterogéneos trabalhem juntos em colaboração, criando uma imagem de um sistema virtual de grandes proporções, oferecendo uma grande variedade e disponibilidade de recursos.
- Segundo [7], a Grid traz-nos mais alguns benefícios como o Acesso a recursos adicionais, recursos esses que podem ser maior largura de banda, dividindo tarefas de comunicações por nós que disponham de ligações independentes à internet, acesso a licenças de software pela Grid, acesso a dispositivos ou equipamento especiais, tais como impressoras de alto desempenho ou um leitor de DVD *blue-ray*; O Balanceamento de recursos, que consiste em juntar pequenas

contribuições de poder computacional de várias máquinas para obtenção de uma maior capacidade de um único grande sistema. Para aplicações *grid-enabled*, ou seja, compatíveis com Grid, esta habilidade pode oferecer um serviço de balanceamento de recursos, agendando as tarefas Grid em computadores que estejam subutilizados. Esta capacidade é especialmente útil em picos de utilização ou se a grid estiver em utilização completa, fazer um agendamento prioritário das tarefas.

- A fiabilidade é outro dos objectivos que podemos atingir com a Grid, pois permite-nos obter um grande grau de fiabilidade, pois mesmo que haja um crash em certa área, as funções podem ser redireccionadas para nós componentes da mesma Grid localizados em áreas não afectadas, podendo assim, com hardware de menor custo, sem circuitos redundantes de alta disponibilidade, construir um mega sistema informático fiável.
- A gestão, será outro dos benefícios que um sistema de computação em Grid nos pode facilitar, melhorando o modo como será gerido um grande sistema de computação móvel e distribuído, sendo possível visualizar a utilização e o espaço de armazenamento possibilitando um maior controlo dos departamentos de IT das despesas e necessidades dos sistemas.

### 3.4 Grid em Portugal

Neste momento a Grid em Portugal é um dos assuntos de arquitecturas e sistemas de computadores que mais suscitam interesse na comunidade científica. Em 2006 foi lançada a Iniciativa Nacional GRID (INGRID), [9], que visa promover a investigação e desenvolvimento e o aproveitamento das oportunidades económicas que a Computação GRID possibilita.

Esta iniciativa visa apoiar o desenvolvimento de infra-estruturas para a partilha de recursos de computação distribuída na resolução de problemas complexos com necessidade de processamento e armazenamento intensivo de dados, e assegurar o desenvolvimento de competências e capacidades nacionais de interesse estratégico para a evolução deste tipo de computação distribuída em Portugal.



A Iniciativa Nacional GRID pretende oferecer às instituições de I&D e empresas uma maior proximidade nas seguintes áreas:

1 - **Infra-estruturas:** Apoiar a implementação e o funcionamento de infra-estruturas GRID bem como a participação portuguesa em projectos GRID internacionais, nomeadamente ao nível Europeu;

2 - **Conectividade:** Expandir e reforçar a conectividade de alta velocidade entre nós de GRID em Portugal e entre estes e outras infra-estruturas internacionais;

3 - **Projectos de I&D:** Promover a I&D em Computação GRID e nas suas aplicações, com ênfase no desenvolvimento de software de suporte à infra-estrutura GRID e à optimização da utilização de recursos computacionais partilhados, e no desenvolvimento de projectos de aplicação da Computação GRID às várias áreas científicas;

4 - **Projectos de demonstração e aplicação:** Apoiar projectos de demonstração e aplicação da tecnologia GRID, em áreas como, entre outras, a meteorologia, a oceanografia, a geofísica e sismologia, a física de altas energias;

5 - **Formação:** Apoiar a formação avançada de recursos humanos em Computação GRID, no país e no estrangeiro, nomeadamente no âmbito de projectos de Computação GRID e através de bolsas de doutoramentos e pós-doutoramento. Estimular a oferta de cursos superiores em computação distribuída que incluam o ensino de Computação GRID;

6 - **Avaliação internacional:** Promover a avaliação internacional de acções e projectos;

7 - **Observação, acompanhamento e disseminação de informação:** Assegurar a observação e o acompanhamento da iniciativa, e a disseminação de informação e conhecimento na comunidade de Computação GRID.

Esta iniciativa tem a sua rede Grid espalhada pelo País em cinco cidades: Braga, Porto, Aveiro, Coimbra e Lisboa, com um total de 1778 CPUs e 996TB de capacidade de armazenamento, um sistema totalmente evoluído em relação ao início do projecto em que existia apenas o nó de Lisboa com 70 CPUs e 22 TB. É notória a evolução da INGRID que está neste momento em colaboração com várias instituições de I&D do país, entre elas estão a Universidade do Minho, a Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, a

Universidade Católica, a Universidade do Porto, o Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.

A INGRID está também a desenvolver projectos com alguns institutos e organizações estaduais que necessitam de grande poder de computação, entre eles, Instituto do Mar, INESC-ID, impulsionada pela Agência para a Sociedade e Conhecimento, pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, e ainda pelo Programa Operacional Sociedade e Conhecimento e a União Europeia.

Os seus objectivos passam pelo reforço das competências e capacidades do país na Computação em Grid para aproveitar as oportunidades científicas e económicas abertas pela evolução e revolução neste tipo de computação distribuída. Esta deve permitir a partilha de recursos na resolução de problemas complexos com necessidade de processamento intensivo de dados, assumindo uma especial importância estratégica.



Outro objectivo é o de prosseguir a integração de Portugal na rede internacional de Computação Grid, aproximando a investigação internacional nesta área dos investigadores Portugueses.

É necessário melhorar ainda as condições para actividades científicas e para aplicações de interesse económico e social que envolvem computações complexas e exigentes, manejando grandes quantidades de dados.

Outro objectivo passa pelo reforço da multidisciplinaridade e a colaboração entre comunidades de investigadores e utilizadores dos meios computacionais de alto desempenho. Finalmente, deverão ser melhoradas as condições para que as empresas encontrem em Portugal instituições científicas e recursos humanos com conhecimentos e experiência na Computação Grid.

### 3.5 Grid computing – um contributo para o desenvolvimento sustentável

Um dos problemas mais comuns experienciados pelas empresas é a criação de grandes centros de dados para que possam satisfazer picos na procura dos seus serviços.

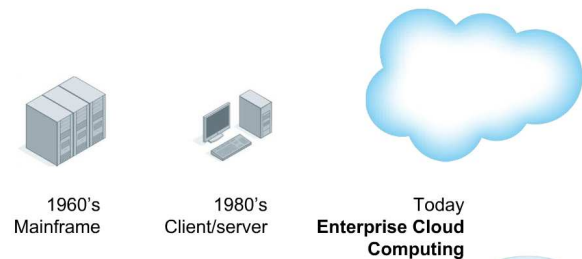
O que sucede neste caso é que a empresa tem de adquirir muita potência computacional para poder ter um bom desempenho nos períodos em que há mais requisitos, embora durante os períodos de utilização normal, que costumam ser a maior parte do ano, estes centros de dados estejam a ser subutilizados.

Em suma durante a maior parte do tempo estes centros de dados estão a usar apenas 10 a 15% da sua capacidade total, e mesmo que tivessem a usar 40% das suas capacidades estariam numa percentagem de utilização negativa.



A capacidade de reduzir a subutilização do equipamento e fazer o melhor uso do que se tem é vital. No entanto, não é uma questão simples - arrefecimento dos centros de dados, deixar ou não o PC do escritório ligado - existem muitos outros aspectos a considerar, quando se pretende enveredar por uma estratégia “verde” para solucionar a subutilização.

### We're in the Middle of a Computing Revolution

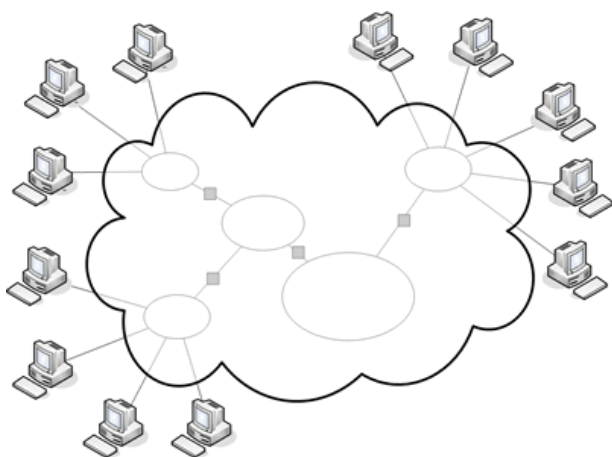


Neste momento, existe cada vez mais uma consciência crescente do que a *Grid* pode fazer nesta área. Uma das características da *Grid Computing* é a sua escalabilidade, a facilidade com que o processamento é dividido pelas várias unidades de processamento.

Neste caso, uma empresa, pode melhorar o seu problema se em vez de construir o seu próprio centro de dados, recorrer a um projecto em *Grid*, o que garante à empresa que os picos de utilização são satisfeitos, no entanto, em alturas de menor procura, apenas os recursos necessários serão solicitados.

Esta aproximação estabelece uma nova camada de serviços. Esta camada faz com que as empresas deixem de se preocupar tão directamente com os equipamentos, evitando assim o gasto desnecessário em hardware e energia para centros de dados subutilizados, e dá origem a um novo termo: *Cloud Computing*.

O *Cloud Computing* é neste momento um paradigma emergente das Tecnologias da Informação. E surge com uma imagem associada à eficiência, coerência, sustentabilidade, versatilidade, redução e redireccionamento de custos.



Este paradigma, estabelece uma abstracção, onde tudo o que é necessário é ligar o computador à *cloud* – conjunto de recursos oferecidos ou vendidos – obtendo assim os seus serviços sem qualquer preocupação ao nível de taxa de utilização, upgrades, consumo de energia. Estes serviços vão destes servidores de e-mail, até ao requisito de processamento ou armazenamento. Apesar de tudo, existem algumas preocupações.

Estes novos paradigmas baseiam-se na distribuição dos dados, os dados são armazenados ou processados em qualquer parte do mundo. Deste modo, estão a emergir novas preocupações legais ao nível da privacidade de dados pessoais e privados. As pessoas e empresas não se podem dar ao luxo de partilhar informação confidencial, e ao nível fiabilidade.

É bastante complicado apurar responsabilidades se há perda de dados quando o sistema é tão abrangente e global como um sistema em *Grid* ou *Cloud*.

#### 4. Conclusão

A qualidade dos serviços virtuais, a poupança de energia e a inteligência dos sistemas são pontos centrais das actuais linhas de pesquisa.

Por outro lado, a virtualização, a computação utilitária e o software como serviço são também conceitos chave para se perceber o potencial desta tecnologia. A computação utilitária, por exemplo, assenta no fornecimento de capacidades de processamento ou

armazenamento, como se fossem serviços básicos, como o gás ou a electricidade. A vantagem deste sistema é o seu baixo custo, com necessidades de hardware bastante simplificadas para o utilizador. Basicamente, tudo é alugado. Muito longe portanto, da realidade que conhecemos, em que compramos ambos, o hardware e o software e ficamos proprietários de ambos.

Claro que a *cloud computing* levanta também algumas preocupações, como a segurança dos dados, a privacidade e a própria fiabilidade dos sistemas. Além disso, por razões políticas, muitos países não permitirão que muitos dados sejam guardados fora das suas fronteiras. São questões e aspectos que vão ainda motivar muito debate e muitos desenvolvimentos tecnológicos.

Outra grande questão é o consumo de energia e a poluição causada pelas tecnologias de informação e comunicação. A sustentabilidade nesta área tornou-se uma questão central nos últimos anos, depois de se perceber que estas tecnologias contribuem com 2% para as emissões totais de CO<sub>2</sub>, o que iguala as emissões geradas pela aviação comercial ou pela soma das emissões geradas pela Polónia, Irão e Nigéria.

Por seu lado, o consumo de energia é exponencial e teme-se já que atinja rapidamente um ponto de ruptura. Para os investigadores é um desafio, mas só será bem sucedido se todos nós, indivíduos e empresas, tivermos consciência de que a energia é um bem escasso que precisa ser usado de forma mais eficiente.

#### 5. Referências

- [1] J. Hanser et al. (18 June 2008) “*Target Atmospheric CO<sub>2</sub>: Where Should Humanity Aim?*”, <http://arxiv.org/abs/0804.1126v2>, <http://350.org>
- [2] A report by The Climate Group on behalf of the eSustainability Initiative (GeSI). (2009). pp. 1-87 <http://www.smart2020.org>
- [3] R. Kumar et al. (2005). Heterogeneous Chip Multiprocessors, *Computer*, Nov. 2005, pp. 32-38.

- [4] C. Sengul and R. Kravets, "Heuristic Approaches to Energy-Efficient Network Design Problem, in *Proceedings 27th Int'l Conf. Distributed Computing Systems*, IEEE CS Press, 2007.
- [5] Basel Action Network (24 Oct. 2005), "*The Digital Dump: Exporting Re-use and Abuse to África*", [www.ban.org/BANreports/10-24-05/documents/TheDigitalDump.pdf](http://www.ban.org/BANreports/10-24-05/documents/TheDigitalDump.pdf)
- [6] E.Blevis, "*Sustainable Interaction Design: Invention & Disposal, Renewal & Reuse*". ACM Press, 2007.
- [7] Bart Jacob, Michael Brown, Kentaro Fukui, Nihar Trivedi (2005) "*Introduction to Grid Computing*", pg. 1-42.
- [8] Heinz Stockinger (2007), "Defining the Grid: a snapshot on the current view", *The Journal of Supercomputing*, v.42 n.1, p. 3-17
- [9] UMIC – Agência para a Sociedade do Conhecimento I.P., Iniciativa Nacional GRID, 27 de Junho 2009, [www.gridcomputing.pt](http://www.gridcomputing.pt)
- [10] J. Elarde CDP, ITILSM (2004). "*GRID and Wireless GRID Concepts*", slideshow.
- [11] Dave Berry (2005), "*The Hitch-hiker's Guide to Grid Computing Concepts*", National e-Science Center.